ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1974 N° 63

LE MAIS ENSILAGE DANS L'ALIMENTATION DU PORC

THESE

pour le Doctorat Vétérinaire
Diplôme d'État

présentée et soutenue publiquement en 1974
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

par

François, Yves LE CHAPELAIN
Né le 7 Avril 1944 à PRAT (Côtes du Nord)

Jury :

Président : MM. ROUX, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs : M. FALIU, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
M. TOURNUT, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

CEPADUES
29, boul. Carnot, 29
TOULOUSE

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549604_0026

LE MAIS ENSILAGE DANS L'ALIMENTATION DU PORC

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1974 N° 63

LE MAIS ENSILAGE DANS L'ALIMENTATION DU PORC

THESE

pour le Doctorat Vétérinaire
Diplôme d'État

présentée et soutenue publiquement en 1974
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

par

François, Yves LE CHAPELAIN
Né le 7 Avril 1944 à PRAT (Côtes du Nord)

Jury :

Président : MM. ROUX, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs : M. FALIU, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
M. TOURNUT, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

CEPADUES
29, boul. Carnot, 29
TOULOUSE

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

DIRECTEUR . . . . . MM. **LAUTIE**

DIRECTEURS HONORAIRES . . . . . PONS, DARRASPEN FLORIO

PROFESSEUR HONORAIRE . . . . . LOMBARD

PERSONNEL ENSEIGNANT

Chaire de Pharmacie et Toxicologie.
Professeur titulaire . . . . . M. **Godfrain**
Maître-Assistant . . . . . Mme **Burgat-Sacaze**
Pharmacie et Toxicologie

Chaire de Physique et Chimie Biologiques et Médicales.
Professeur titulaire . . . . . MM. **Rico**
Maître-Assistant . . . . . **Braun**
Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale

Chaire d'Anatomie des Animaux domestiques.
Professeur titulaire . . . . . MM. **Pavaux**
Anatomie descriptive - Extérieur
Anatomie appliquée - Tératologie

Chaire de Physiologie et Thérapeutique.
Professeur titulaire . . . . . MM. **Ruckebusch**
Maître de Conférences, non Chef de Service . . . . . **Fargeas**
Maître-Assistant . . . . . **Toutain**
Physiologie - Thérapeutique et Pharmacodynamie

Chaire d'Histologie - Anatomie Pathologique.
Professeur titulaire . . . . . MM. **Van Haverbeke**
Professeur sans Chaire . . . . . **Cabanié**
Maître-Assistant . . . . . **Magnol**
Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique

Chaire d'Hygiène et Industrie des Aliments d'origine animale.
Professeur titulaire . . . . . **MM. Labie**
Maître-Assistant . . . . . **Eeckhoutte**
Maître-Assistant . . . . . Mlle **Brisay**
Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie des Denrées alimentaires d'origine animale

Chaire de Parasitologie et Maladies Parisitaires.
Professeur titulaire . . . . . M. **Brizard**
Maître de Conférences, non Chef de Service . . . . . **Dorchies**
Zoologie appliquée - Parasitologie externe
Parasitologie interne - Clinique

Chaire de Séméiologie et Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores.
Professeur titulaire . . . . . M. **Florio**
Professeur sans Chaire . . . . . **Lescure**
Maître-Assistant . . . . . **Guelfi**
Séméiologie et Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie - Clinique

Chaire de Pathologie Médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour.
Professeur titulaire . . . . . M. **Tournut**
Professeur sans Chaire . . . . . **Espinasse**
Maître-Assistan . . . . . **Bézille**
Séméiologie et Pathologie Médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour - Clinique
Clinique ambulatoire

Chaire de Pathologie Chirurgicale.
Professeur titulaire . . . . . M. **Cazieux**
Maître-Assistant . . . . . **Dickelé**
Maître-Assistant . . . . . **Genevois**
Propédeutique et Séméiologie Chirurgicale
Technique Chirurgicale - Pathologie Chirurgicale

Chaire de Pathologie de la Reproduction.
Professeur titulaire . . . . . M. **Berthelon**
Professeur sans Chaire . . . . . **Royal**
Maître-Assistant . . . . . **Tainturier**
Séméiologie et Propédeutique
Pathologie de la Reproduction - Obtétrique - Clinique

Chaire de Maladies Contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire.
Professeur titulaire . . . . . M. **Saurat**
Maître-Assistant Agrégé . . . . . **Chantal**
Maître de Conférences, non Chef de Service . . . . . M. **Ganière**
Maladies Contagieuses - Zoonoses
Législation Sanitaire

Chaire de Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie.
Professeur titulaire . . . . . M. **Lautié**
Maître-Assistant . . . . . **Meignier**
Microbiologie - Immunologie - Pathologie générale

Chaire de Zootechnie et Economie Rurale.
Professeur titulaire . . . . . M. **Queinnec**
Maître-Assistant . . . . . **Darre**
Ethnologie - Génétique appliquée - Hygiène générale Zootechnie - Elevage
Economie générale et des Productions animales

Chaire d'Alimentation.
Professeur titulaire . . . . . M. **Faliu**
Maître de Conférences, non Chef de Service . . . . . **Griess**
Maître-Assistant . . . . . **Paragon**
Botanique appliquée et Bromatologie
Agronomie - Alimentation

COURS COMPLEMENTAIRES — CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Antibiothérapie des Maladies Infectieuses . . . . . MM. **Monnier**
Aspect médical des Zoonoses . . . . . **Armengaud**
Energétique . . . . . **Labouche**
Initiation à l'Informatique Biomédicale . . . . . **Fernet**
Agronomie . . . . . **Combret**
Métabolismes . . . . . **Raynaud**

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (Délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924)

A MON EPOUSE

avec tout mon amour.

A MES ENFANTS

A MES PARENTS

A MES BEAUX-PARENTS

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR ROUX
de l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre Jury de Thèse.

Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THESE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR L. FALIU
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

A qui nous adressons l'expression de notre reconnaissance pour l'enseignement qu'il nous a prodigué.

Hommage respectueux.

MONSIEUR LE PROFESSEUR J. TOURNUT
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Que nous remercions vivement de nous avoir fait l'honneur de participer à notre Jury de Thèse.

Hommage respectueux.

A MONSIEUR LE MAITRE DE CONFERENCES D. GRIESS
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Pour les conseils qu'il nous a prodigués dans l'élaboration de ce modeste travail.

Qu'il veuille bien accepter le témoignage de notre profonde reconnaissance.

A TOUS MES MAITRES
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

P L A N

INTRODUCTION

A - Généralités sur le maïs
B - Rappel des besoins nutritifs du porc
C - Problème de l'alimentation du porc au maïs ensilage

PREMIERE PARTIE : LA RECOLTE ET LE STOCKAGE DU MAIS

A - Le maïs fourrage plante entière
B - Le maïs grain ensilé

DEUXIEME PARTIE : EMPLOI DU MAIS FOURRAGE PLANTE ENTIERE ENSILE DANS L'ALIMENTATION DU PORC

A - Exemple d'alimentation du porc à l'ensilage de maïs fourrage plante entière
B - La cellulose dans l'alimentation du porc
C - L'ensilage de maïs plante entière comme source de carotène
D - Conclusion

TROISIEME PARTIE : MAIS GRAIN ET MAIS EPIS ENSILES DANS L'ALIMENTATION DU PORC

A - Généralités
B - Le porc en croissance
C - Les truies en gestation et lactation
D - Le porcelet
E - Conclusion

QUATRIEME PARTIE : LE MAIS CONSERVE PAR L'ACIDE PROPIONIQUE

CINQUIEME PARTIE : TROUBLES DUS A L'ABSORPTION D'UN ENSILAGE DE MAIS MAL CONSERVE OU AVARIE

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

*

INTRODUCTION

A. - GENERALITES SUR LE MAIS

1. - DEFINITION

Zea mays (L.) est une graminée de la tribu des Maydées et de la sous-famille des Panicoïdées ; c'est une plante annuelle originaire de l'Amérique Centrale et sa culture est pratiquée pour la production de fourrage et de grain.

2. - LE MAIS FOURRAGE

La surface cultivée et le rendement par hectare sont en progression nette comme le montre WOLTER R. (1973).

TABLEAU N° 1

Evolution de la production française de maïs fourrage plante entière (WOLTER R. 1973).

Année	Superficie (ha)	Rendements (qx/ha)	Production totale de fourrage vert (qx)
1961	429 300	353	152 000 000
1965	378 500	411	159 557 000
1968	339 000	473	160 500 000
1969	380 000	463	176 112 000
1970	384 500	516	198 560 000
1971	456 700	519	236 960 000

Les rendements sont très élevés et la culture mécanisée, aussi cette progression doit encore se poursuivre. La plus grande partie du maïs fourrage est destinée à l'élevage bovin mais il est possible de l'utiliser dans l'alimentation du porc.

3. - LE MAIS GRAIN

• Les principales zones de production dans le monde sont les Etats-Unis (1 044 millions de quintaux en 1969), l'Amérique du Sud avec le Brésil et l'Argentine (881 millions de quintaux), l'Asie avec la Mandchourie, la Chine et l'Inde (581 millions de quintaux environ). En 30 ans la production mondiale a presque triplé grâce à l'amélioration des rendements car la surface a augmenté seulement de 30 %, comme le montre le tableau n° 2.

TABLEAU N° 2

Evolution de la production mondiale de maïs-grain (WOLTER R. 1973).

Années	Superficies (millions d'ha)	Rendement moyen (qx/ha)	Production (millions de qx)
1934 - 38	85	12,9	1 250
1967 - 69	106	24,5	2 600
1970	108	32,0	3 452

Les rendements ont été améliorés surtout par l'utilisation d'engrais et des variétés hybrides de maïs s'adaptant mieux à chaque type de climat local.

• En 1969 la production européenne a atteint 373 millions de quintaux, notamment à partir des pays de l'Est (Roumanie, Hongrie, Bulgarie). La Communauté Economique Européenne est déficitaire de 70 millions de quintaux, seule la France est privilégiée car elle peut exporter ses excédents qui constituent le tiers de la production.

• La France cultive le maïs depuis 400 ans. A la fin du XIXème siècle 600 000 hectares étaient cultivés pour décroître jusqu'en 1945 à un minimum de 250 000 hectares localisés au Sud-Ouest et les vallées de la Saône et Rhône. Ensuite la culture du maïs reprit si bien que les vingt dernières années ont vu la surface cultivée quintupler et la production se multiplier par vingt.

Il semble que cette culture a un grand avenir en France car les variétés hybrides sont adaptées à chacun de nos types de climat, de sol et la mécanisation totale depuis le semis jusqu'à la récolte est très séduisante.

TABLEAU N° 3

Evolution de la production française du maïs grain (WOLTER R. 1973).

Années	Superficies (ha)	Rendements (qx/ha)	Production (qx)	Collecte (qx)
1963	868 700	39	34 027 900	21 064 000
1966	961 300	45	43 311 500	
1967	1 012 700	41	41 393 700	
1968	1 050 000	51	53 789 000	
1969	1 183 600	48	57 226 000	43 300 000
1970	1 462 600	47	68 773 400	59 000 000
1971	1 615 900	51	82 442 300	
1972 (estimation)	1 750 000			
1975 (prévision)	2 000 000	56	110 000 000	85 000 000

4. - LES CONTRAINTES DE LA PRODUCTION DU MAIS

Le grain et le fourrage doivent être récoltés et conservés de façon à permettre une utilisation étalée dans le temps sans perdre leur valeur nutritive. Or cette récolte est très riche en humidité et favorise donc toutes activités enzymatiques soit cellulaires ou microbiennes provoquant des modifications biochimiques ayant pour résultat l'échauffement, la diminution de la valeur alimentaire, la présence de produits toxiques d'origine catabolique ou de synthèse, la germination du grain, les moisissures, et au degré le plus fort la pourriture. Pour bloquer l'activité enzymatique deux techniques sont surtout utilisées : le séchage et l'ensilage.

B. - RAPPEL DES BESOINS NUTRITIFS DU PORC

1. - GENERALITES

Le porc est un monogastrique à transit intestinal rapide chez qui les phénomènes d'hydrolyse et de synthèse bactérienne sont peu importants, les besoins nutritifs sont couverts par une ration qui fournira après hydrolyse enzymatique dans l'estomac et l'intestin tous les éléments nécessaires. Il existe actuellement de nombreux documents qui précisent les besoins alimentaires du porc, parmi ceux qui font autorité citons les recommandations du N.R.C.* aux Etats-Unis, de l'A.R.C.* en Grande-Bretagne et de l'I.T.P.* en France.

2. - BESOINS EN EAU

Le meilleur abreuvement est dispensé par un abreuvoir automatique, en cas d'abreuvement manuel il faut prévoir une quantité d'eau variable avec le poids des animaux, leur vitesse de croissance, le niveau alimentaire et la température ambiante (RERAT A. et FEVRIER C.,1965).En règle générale on prévoit un rapport eau sur matière sèche de 2,5. L'insuffisance s'avère aussi préjudiciable que l'excès (NEGREL A.,1973). On peut prendre comme normes les recommandations de SENTEX J., LEROY A.M. et DELAGE J. (1965).

TABLEAU N° 4

Liquides à prévoir ou à ne pas dépasser dans l'alimentation des porcs (SENTEX J., LEROY A.M. et DELAGE J., 1965).

Poids ou type de porc	Minimum en litres	Maximum en litres
20 kg	1,6	5
40 kg	3,2	9
60 kg	4,4	15
80 kg	5,2	17
100 kg	6,6	20
Truie nourrice avec sa portée:		
150 kg	7 à 15	35
220 kg	10 à 20	50

*N.R.C. = National Research Council
A.R.C. = Agricultural Research Council

La température de l'eau doit être celle de la porcherie car l'eau trop froide peut causer des affectations digestives.

3. - BESOINS EN ENERGIE

Les besoins d'entretien et de production (croissance, gestation, lactation) sont exprimés en unités fourragères (U.F.) ou en calories (1 U.F. = 2 222 cal.). Dans "les bases techniques de la production porcine" l'I.T.P. (1970) propose les normes du N.R.C. (1968) converties en U.F.

TABLEAU N° 5
Besoins énergétiques (N.R.C., 1968)

	Poids (kg)	U.F./jour
Porcelets 3 semaines		0,5
Porcelets 5 semaines		0,7
Porcelets 8 semaines		1,0
Croissance-engraissement (porcs précoces). Pour les porcs non précoces, enlever 0,1 à 0,2 U.F.-jour en régime ad libitum (1)	20	1,2
	30	1,6
	40	1,9
	50	2,2
	60	2,5
	70	2,8
	80	3,0
	90	3,2
	100	3,4
Gestation (2)	150	2,0
	250	2,5
Lactation (8 porcelets) (au maximum de production) (2)	150	6,5
	200	6,8
	250	7,2
Verrat	150	2,5
	250	3,1

(1) il s'agit de normes américaines se rapportant à des rations très concentrées (1,09 U.F. au kg) et distribuées ad libitum. La couverture intégrale de ces besoins conduit tout naturellement à l'obtention de carcasses très grasses.
(2) Normes proposées par Salmon-Legagneur (C.N.R.Z.)*.

*C.N.R.Z. = Centre National de Recherche Zootechnique.

En fait ces données du tableau n° 5 méritent quelques commentaires :

• Pour la croissance, afin d'éviter une adiposité excessive il faut limiter l'ingestion spontanée ; on admet qu'il ne faut pas dépasser 2,6 - 2,8 U.F. par jour et par porc à partir de 70 Kg de poids vif.

• Pour la gestation les besoins sont très modestes.

• Pour la lactation les besoins sont énormes, l'appétit trop faible constitue le plus souvent le facteur limitant de la couverture du besoin énergétique.

4. - BESOINS EN PROTEINES

Le besoin protéique du porc doit être considéré sous les deux aspects quantitatifs et qualitatifs. Toutes les recherches sur le besoin protéique font l'unanimité sur un besoin mais l'importance de la quantité est difficile à établir. Dans "Les bases techniques de la production porcine" l'I.T.P. (1970) propose les normes N.R.C. (1968). Ces normes paraissent aujourd'hui surestimées selon l'avis de certains auteurs (AUMAITRE A. et SEVE B., 1973 ; DUEE P.H. et RERAT A., 1973 ; HENRY Y., 1973). Aussi peut-on prévoir des modifications sensibles de certaines normes prochainement.

TABLEAU N° 6

Besoins azotés (exprimés en matière azotés brutes) normes N.R.C., 1968).

	Gain moyen journalier espéré (g)	Poids (kg)	Quantités journalières de matières azotées brutes (1)	Pour cent de la ration de matières azotées brutes (4)
Croissance et engraissement	300	5- 10	132	22
	500	10- 20	225	18
	600	20- 35	272	16
	700	35- 60	350	15
	800	60-100	455	14
Gestation (2)	"	150	312	12
	"	250	375	12
Lactation (au maximum de production) (3)	"	150	"	16
	"	250	"	16
Verrat	"	150	409	15
		250	445	13

(1) La digestibilité des matières azotées varie suivant le poids de l'animal de 80 % (jusqu'à 15 kg) à 75 % au-dessus.
(2) Normes proposées par Salmon-Legagneur (C.N.R.Z.).
(3) Nous n'avons pas indiqué les quantités journalières de matières azotées brutes pour les truies en lactation ; ces quantités dépendent des possibilités d'ingestion de matière sèche par la truie (160 g de matière azotée brute par kg de matière sèche).
(4) Ration à 3 500 calories d'énergie digestible.

La notion de quantité de protéines est dominée par celle de la qualité, le besoin en acides aminés a été bien étudié par de nombreux auteurs. Selon RERAT A. (1966) et le N.R.C. (1968) on peut admettre les besoins suivants en se rappelant toutefois que certaines normes sont surestimées (pour la lysine surtout).

TABLEAU N° 7
Besoins en acides aminés essentiels (en pour 100 de la ration).

	Normes N.R.C. 1968	Normes françaises (Rérat)			Normes N.R.C. 1968
	Jeunes porcs (10-40kg) 3 300 kcal dig.	Porce-lets (5-10 kg)	10 à 60 kg	60 à 100 kg	Truies pleines et jeunes truies
Arginine	0,20	-	-	-	-
Histidine	0,18	0,27	0,26	0,19	0,20
Isoleucine	0,50	0,76	0,67	0,53	0,43
Leucine	0,60	0,90	0,86	0,65	0,66
Lysine	0,70	1,20	0,84	0,62	0,49
Méthionine (1) - Cystine	0,50	0,80	0,62	0,47	0,35
Phénylalanine (2)	0,45	-	0,48	0,35	0,52
Thréonine	0,45	0,70	0,58	0,42	0,42
Tryptophane	0,13	0,18	0,19	0,14	0,08
Valine	0,50	0,65	0,57	0,42	0,46

(1) La cystine peut remplacer 40 pour 100 des besoins en méthionine. La forme DL-méthiodine peut être employée.
(2) La tyrosine peut remplacer 30 pour 100 des besoins de phénylalanine.

TABLEAU N° 8

Besoins en acides aminés, pour 1000 calories digestibles et selon le mode d'alimentation (RERAT, 1966).

	Alimentation à volonté			Alimentation rationnée		
Poids du porc (kg)	20	40	75	20	40	75
Lysine	6,2	5,9	5,2	8,8	8,7	6,8
Méthionine + Cystine	4,4	4,5	4,0	6,2	6,7	5,2
Tryptophane	1,4	1,4	1,2	2,0	2,0	1,6
Thréonine	4,3	4,0	3,6	6,1	5,8	4,8
Isoleucine	4,7	5,1	4,5	6,7	7,5	5,9
Leucine	6,4	6,2	5,4	9,1	9,1	7,1
Valine	4,2	4,0	3,5	6,0	5,9	4,6
Histidine	1,9	1,8	1,6	2,7	2,7	2,1
Phénylalanine + tyrosine	3,6	3,4	2,9	5,1	5,0	3,9

TABLEAU N° 9

Apports journaliers d'acides aminés à fournir au porc en croissance en g/j (RERAT, 1966).

Poids du porc (kg)	10	20	30	40	50	70
Lysine	5,9	8,7	11,4	14,2	16,9	18,5
Méthionine + Cystine	3,7	6,1	8,5	10,9	13,3	14,2
Tryptophane	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,3
Thréonine	4,2	6,0	7,8	9,5	11,3	12,9
Isoleucine	3,8	6,6	9,5	12,3	15,1	16,0
Leucine	6,1	9,0	11,8	14,8	17,6	19,2
Valine	4,0	5,9	7,8	9,6	11,3	12,5
Histidine	1,9	2,7	3,5	4,4	5,2	5,7
Phénylalaine + Tyrosine	3,4	5,0	6,5	8,1	9,6	10,5

Le besoin protéique sera couvert par une certaine quantité de protéines mais il faut surtout la présence des acides aminés qui doivent avoir entre eux des rapports harmonieux ; cette quantité et ces rapports sont susceptibles de varier car le besoin protéique fait l'objet d'études permanentes.

5. - BESOINS EN VITAMINES

La ration doit apporter toutes les vitamines car seule la vitamine C est synthétisée dans les tissus et la vitamine D en présence de lumière solaire.

TABLEAU N° 10

Besoins en vitamines (FEVRIER C., GUEGUEN L. et HENRY Y., 1970).

		Quantités par kg de la ration						
		Caro-tène (mg)	Vita-mine A (U.I.)	Vita-mine D (U.I.)	Ribo-flavine (mg)	Nia-cine (mg)	Acide panto-théni-que (mg)	Vita-mine B12 (mg)
Croissance et engrais-sement, poids en kg	5- 10	4,40	2 200	220	3,3	22,0	13,2	0,022
	10- 20	3,50	1 762	198	3,1	17,6	11,0	0,015
	20- 35	2,64	1 321	198	2,6	13,2	11,0	0,011
	35-100	2,64	1 321	132	2,2	11,0	11,0	0,011
Gestation Lactation Verrat		6,60	3 300	220	3,3	17,6	13,2	0,011

Le besoin en vitamine A peut s'exprimer en U.I. (Unités Internationales) de vitamine A ou en provitamine A, c'est-à-dire en bèta-carotène ; la présence des deux sources vitaminiques n'est donc pas indispensable, on préfère cependant exprimer le besoin de vitamine A en U.I. de vitamine A parce que de nombreux facteurs peuvent modifier la conversion du carotène en vitamine A. Rappelons que l'on peut admettre que 1 mg de bèta-carotène vaut 500 U.I. de vitamine A.

Le besoin en vitamine E ou alpha-tocophérol est connu par ses carences qui entraînent des troubles au niveau du myocarde, la nécrose du foie et des lésions hémorragiques sur les embryons. La quantité de vitamine E dont le porc a besoin est mal connue, il faudra distribuer aux truies 150 à 250 mg d'alpha-tocophérol pour 100 kg de poids vif.

6. - BESOINS EN MINERAUX

La teneur en minéraux de la ration est généralement insuffisante, il faut une complémentation systématique. Rappelons les normes choisies par l'I.T.P. (1970).

TABLEAU N° 11

Besoins en minéraux en pour 100 de la ration (FEVRIER C., GUEGUEN L. et HENRY Y., 1970).

		Ca	P	Na Cl
Croissance et engraissement, poids en kg	5 - 10	0,80	0,60	0,50
	10 - 20	0,65	0,50	0,50
	20 - 35	0,65	0,50	0,50
	35 -100	0,50	0,40	0,50
Gestation, lactation, verrat		0,60	0,40	0,50

TABLEAU N° 12

Besoins en oligo-éléments (FEVRIER C., GUEGUEN L. et HENRY Y., 1970).

	Besoins en p.p.m
Cuivre	10
Fer	80
Iode	0,20
Magnésium	400
Manganèse	40
Zinc	50
Sélénium	0,10

7. - L'ENCOMBREMENT

Le volume de la ration doit être suffisant. Selon SENTEX J., LEROY A.M. et DELAGE J., (1965) on peut admettre pour chaque espèce un coefficient d'encombrement qui est le rapport de la matière sèche de la ration en kilogrammes sur le nombre d'unités fourragères.

$$E = \frac{M.S.}{U.F.}$$

TABLEAU N° 13
Les coefficients d'encombrement chez le porc (SENTEX J., LEROY A.M. et DELAGE J., 1965).

Truies nourrices	1,1
Porcs à l'engrais	1,0
Reproducteurs à l'entretien	1,2

8. - CONCLUSION

Des résultats conformes au goût du consommateur et aux désirata de l'industrie peuvent être atteints si la ration distribuée au porc correspond aux normes que nous venons de rappeler.

C. - PROBLEME DE L'ALIMENTATION DU PORC AU MAIS ENSILAGE

Le maïs fourrage plante entière et le maïs grain ensilés peuvent constituer une partie de la ration du porc mais avec leurs avantages et leurs inconvénients. Cette étude fera l'objet de nos propos ultérieurs.

*
* *

PREMIERE PARTIE

LA RECOLTE ET LE STOCKAGE DU MAIS

A. - LE MAIS FOURRAGE PLANTE ENTIERE

1. - CHOIX DU MOMENT DE LA RECOLTE

Le maïs peut être récolté en vert pendant l'été ; à ce stade il est très aqueux (14 à 15 % de matière sèche). Le maïs est souvent récolté en vue de l'ensilage au stade optimum de rendement en matière sèche et en valeur énergétique ; ce stade se situe deux mois environ après la floraison femelle et est caractérisé par l'aspect pâteux et vitreux du grain.

TABLEAU N° 14

Teneur en M.S. et en U.F. du maïs en fonction des divers stades de maturité (PONTALLIER S., 1971).

Stade Végétatif	Nombre de jours après la floraison	Teneur en M.S. de la plante entière en pour 100	Nombre d'U.F. pour 100 kg de matière sèche
laiteux	30	20	68 à 77
	40	23	77 à 88
pâteux	50	27	89 à 93
	60	31	95 à 97
vitreux	70	35	100
	80	38	100 à 103

Le mieux est d'ensiler à 30 % de matière sèche, au-dessous de 25 % les pertes par entraînement dans le jus augmentent et au-dessus de 30 % le tassement est plus difficile.

2. - LES MACHINES UTILISEES POUR LA RECOLTE

La récolte se fait à l'aide de machines "ensileuses" qui sont de deux types à l'heure actuelle : les ensileuses à "double coupe" avec fléaux et couteaux et les ensileuses "fines" ou "extra-fines" à coupe unique avec seulement des couteaux.

Le choix de la machine se fait en fonction de :

- la robustesse,

- la possibilité d'absorber sans bourrer des tonnages importants de fourrages verts même lorsque la récolte est versée,

- la possibilité de récolter le fourrage avec un minimum de pertes sur le champ : 5 % de M.S. est un maximum,

- la possibilité de tronçonner les feuilles, les tiges et les épis finement et de façon régulière, et de faire éclater le plus grand nombre de grains. Le hachage fin et régulier permet de tasser plus facilement les silos et par conséquent la durée de fermentation et l'effet des moisissures sont limités et les pertes moins importantes. En plus les refus à l'auge diminuent car les animaux ne peuvent pas trier et la digestibilité est meilleure.

3. - TECHNIQUE D'OBTENTION D'UN BON ENSILAGE

Pour obtenir un bon ensilage il faut éviter l'introduction de terre et expulser l'air au maximum. On veillera surtout à ce que :

- la récolte soit propre et sans terre,

- le tassement soit très bon et réalisé à l'aide d'un tracteur lourd qui passe continuellement et uniformément sur le tas,

- le silo soit couvert au plus vite par une bâche de plastique qui sera chargée lourdement avec du sable ou de la terre (mais éviter la paille qui attire les rongeurs),

- l'avancement du front d'attaque soit de 10 cm par jour au minimum en été et quelques centimètres en hiver.

4. - LES SILOS

Les silos les plus répandus sont les silos taupinière, couloir et tour.

• Le silo taupinière : aucune installation n'est faite, le fourrage est tassé sur le sol et recouvert ensuite par une bâche. Pour ensiler 3 hectares il faut une longueur de 15-16 mètres, largeur de 8-9 mètres et haute de 1,5 mètre. (BARLOY J., 1970)

• Le silo couloir : le fourrage est entassé entre deux murs ; il faut prévoir les dimensions sachant qu'un ha fournit 40 - 50 tonnes et exige 70 m^3 de silo, 55 - 60 m^3 après tassement.

• Le silo tour étanche dans les grandes exploitations.

5. - CARACTERISTIQUES D'UN BON ENSILAGE

L'ensilage est caractérisé par des critères chimiques et organoleptiques. Le jugement de la qualité se fait à partir des valeurs de l'acide acétique, acide butyrique et azote ammoniacal ; la présence de nombreux grains en majorité éclatés, une couleur vert brunâtre peu accentuée, l'absence d'odeur de moisi, l'odeur acide de vinaigre sont favorables.

TABLEAU N° 15

Caractéristiques d'un bon ensilage du maïs plante entière. (BARLOY J., 1970)

Teneur en M.S.	25 à 27 pour cent
Acidité (pH)	4,1 à 4,3
Acide lactique	10 à 15 g/kg ensilage
Acide acétique	5 à 7 g/kg ensilage
Acide butyrique	1 à 3 g/kg ensilage
Azote ammoniacal	inférieur à 10 pour 100 de l'azote total
U.F./Kg ensilage frais	0,16 à 0,18
U.F./kg de M.S.	0,60 à 0,75
M.A.D. en grammes par kg d'ensilage frais	10 à 14
M.A.D. en grammes par kg de M.S.	45 à 50

C'est un aliment hautement énergétique carencé en protéines et minéraux.

TABLEAU N° 16
Teneurs extrêmes en éléments minéraux (PONTALLIER S., 1971)

Minéraux	par Kg de M.S.
Phosphore	2,2 - 3 g
Calcium	3,6 - 4,7 g
Sodium	0,06 - 0,26 g
Magnésium	1,6 - 1,8 g
Soufre	1,6 - 1,9 g
Manganèse	50 - 69 mg
Zinc	22 - 27 mg
Cuivre	5,8 - 6,8 mg
Cobalt	0,27 - 0,35 mg

6. - BILAN DE CONSERVATION

Selon cette technique d'ensilage on ne peut guère espérer moins de 10 à 15 pour 100 de pertes totales. L'amidon se dégrade peu, mais les sucres fermentescibles disparaissent, les matières azotées se dégradent donnant des amines, et même de l'ammoniac. Mieux l'ensilage sera réalisé, moins les pertes seront importantes.

B. - LE MAIS GRAIN ENSILE

Le grain peut être récolté mûr ou immature.

1. - LE GRAIN MUR

• Le grain mûr est récolté avant que le grain ne soit sec vers 35 à 42 pour 100 d'eau. Quand les spathes sont jaunes à 60 - 80 pour 100 la récolte des épis est possible, pour le grain seul la récolte est plus tardive car au-delà de 32 - 35 pour 100 d'eau la casse est importante et il faut moins de 10 pour 100 de grains cassés. On s'efforcera de récolter précocement car ensuite les pertes au champ augmentent et les épis pourris contaminent et nuisent à la conservation.

• Les méthodes de récolte sont manuelle ou mécanique :

- manuelle : il faut 110 ou 120 heures de travail pour récolter les épis d'un ha ; avec le crochet 40 heures,

- mécanique : des cueilleurs-épanouilleurs ou corn-pickers récoltent par jour 1,5 ou 2,5 ha d'épis,

  des ramasseuses-égreneuses ou corn-shellers récoltent par jour 2,5 à 8 ha de grain. Ces machines cassent 6 à 8 % de grains si l'humidité est de 35 %,

  des moissonneuses-batteuses récoltent par jour 3 à 8 ha. Ces machines cassent au moins 10 % des grains.

• La conservation du maïs mûr se fait :

- en crib pour les épis. Le crib est une cage grillagée où les épis sèchent naturellement. Cette méthode est excellente. Pour loger un ha de maïs les dimensions sont: longueur 10 - 11 m, hauteur 3 m, épaisseur 70 cm, c'est-à dire 20 à 23 m^3 pour 60 à 70 quintaux de grain sec (100 quintaux de grain frais),

- par séchage pour les grains dans les 24 heures qui suivent la récolte de façon à obtenir 15 % d'humidité,

- par voie humide sous atmosphère de gaz carbonique ou azoté expérimentalement, par acidification artificielle avec 0,2 à 1,5 % d'acide propionique et surtout par acidification lactique (ensilage).

2. - LE GRAIN IMMATURE

La conservation du maïs immature se fait par voie humide exclusivement. Le moment de la récolte est optimal si le rendement de la matière sèche est bon et si la qualité du grain est bonne.

TABLEAU N° 17

Effet du stade de développement du maïs sur le rendement et la teneur en eau (AUMAITRE A., 1969).

	Stade de développement du grain			
	laiteux	1/2 pâteux	pâteux	mûr
Rendement de l'épi à l'égrenage en pour 100 du poids	57	62	80	81
Poids spécifique à la récolte en kg/hectolitre	44	59	69	73
Durée de végétation en j.	84	95	109	145
Teneur en matière sèche en pour 100 du poids	20,9	35,7	55,5	76,6
Teneur en eau	79,1	64,3	44,5	23,4

Il convient donc de récolter le maïs au stade le plus voisin de la maturité afin de ne pas compromettre le rendement agronomique.

3. - ENSILAGE DU GRAIN PAR ACIDIFICATION LACTIQUE

• L'ensilage par acidification lactique permet de conserver le maïs grain broyé, les épis broyés et les grains de maïs entiers. Pour les grains entiers il faut apporter 2 % de sucre à cause du manque de glucides solubles indispensables au départ de la fermentation lactique. Il faut des silos très étanches car on ne peut pas éviter les espaces entre les grains même si on tasse bien. Il est souhaitable de broyer les grains. Ces grains broyés se tassent d'une façon dense et ce tassement empêche l'entrée de l'air dans la masse par des petits trous pouvant exister dans le silo. Plus le produit est moulu finement et plus l'humidité du grain est forte, meilleure sera l'utilisation du silo et la fermentation, on peut apporter de l'eau si l'humidité est inférieure à 35 %.

• Le silo pour grain (LESIEUR A., 1970 et 1971) doit être placé à l'abri des intempéries et les abords doivent être faciles pour les manipulations. Pour la construction du silo on utilisera des matériaux imperméables à l'air : parpaings, plaques de béton préfabriqué, plaques de fibro-ciment. Un hectare de maïs fournit en général 9 à 11 m^3 de grain ensilé à 40 - 45 % d'humidité ; un m^3 pèse 900 à 950 kg. Les longueurs 5 m, largeur 2 m, et hauteur 2 m.

• Le produit obtenu a une saveur légèrement acide, une odeur très agréable (celle du levain des boulangers) due à la fermentation lactique. L'acidité (le pH) est de l'ordre de 4 et la teneur en acide acétique et butyrique est très faible. La présence d'ammoniac est due à la dégradation des protéines qui est de l'ordre de 6 à 10 %.

TABLEAU N° 18
Analyses de types d'ensilage de maïs grain (ensilés en Bretagne) (PARNEIS P., 1969).

	Eau en pour 100	pH	Acide acétique en pour 100	Acide butyrique en pour 100	Acide lactique en pour 100	NH^3/N total en pour 100
1 Rennes 1965	39,3	3,7	0,54	0,00	2,06	7,2
2 1965	44	3,9	0,36	0,02		8,2
3 Finistère 65	43	3,6	0,58	0,02		8,8
4 Côtes-du-Nord 65	38,5	5,1	0,16	0,05		8,8
5 Finistère 65	70,8	3,6	0,54	0,03		10,0

4. - ENSILAGE OU CONSERVATION PAR L'ACIDE PROPIONIQUE

• L'acide propionique permet une bonne conservation du maïs sans séchage ni fermentation. Déversé sur le maïs de façon homogène il arrête le développement des moisissures et bactéries, le stockage est possible quel que soit le taux d'humidité et les manipulations ne provoquent aucune détérioration. Cette technique supprime les effets de perte de matière sèche observés dans l'ensilage lactique.

. L'acide propionique est un liquide limpide, incolore, d'odeur piquante (comme du vinaigre), la densité est de 0,994 à 20°C. L'usage agricole est récent (1967 en Angleterre) ; en France son utilisation a commencé. Cette substance diffuse dans le tégument péricarpique de la graine et établit une zone de protection sur le pourtour. Le pouvoir germinatif est altéré.

. Le traitement se fait au moment de la récolte. Il faut que 9 grains sur 10 soient touchés sinon des nodules de fermentation prendront naissance. Ce produit est corrosif pour de nombreux métaux (acier, cuivre, zinc) qui ne peuvent pas être employés, ni pour le transport, ni pour le stockage de l'acide ; cependant le grain traité peut cheminer sans risque de détérioration du matériel de transport : élévateurs, vis à grain. Le maïs sera stocké dans des silos de béton, pierre ou bois, le polyéthylène peut servir de revêtement intérieur. La dose d'acide à utiliser dépend de la teneur en eau et de la durée de conservation désirée.

TABLEAU N° 19

Doses d'acide propionique préconisées (MOAL J. et GAYE A., 1971).

Dose d'acide propionique en pour 100 de la quantité de maïs humide à traiter	Durée approximative de conservation pour un maïs à taux d'humidité de :	
	35 pour 100	40 pour 100
0,5	maximum 1 mois	maximum 3 semaines
0,8	1 à 2 mois	3 à 6 semaines
1,0	3 à 3 mois $\frac{1}{2}$	1 à 2 mois
1,5	5 à 6 mois	4 mois
1,8	plus de 6 mois	6 mois

• Cette technique présente l'avantage de pouvoir préparer à l'avance la ration alimentaire car elle ne fermentera pas (DUMAY C., DELORT-LAVAL, ZELTER SZ., 1972).

5. - VALEUR NUTRITIVE DU MAIS GRAIN

Chimiquement la composition varie selon le stade de maturité du grain, du mode de conservation et de la forme de récolte.

TABLEAU N° 20

Composition chimique du grain selon le stade de maturité en pour 100 de M.S. (AUMAITRE A., 1969).

Stade	laiteux	1/2 pâteux	pâteux	mûr
Protéines brutes	15,5	12,1	10,7	10,8
Lipides	3,5	4,2	4,8	5,1
Cellulose brute	4,6	3,2	2,6	2,2
Minéraux (cendres)	2,8	2,3	1,7	1,5
Extractif non azoté	73,6	78,2	80,2	80,5

TABLEAU N° 21

Composition en acides aminés selon le stade de maturité en pour 100 de M.S. (AUMAITRE A., 1969).

Stade	laiteux	1/2 pâteux	pâteux	mûr
Acides aminés essentiels				
Arginine	0,56	0,44	0,42	0,37
Histidine	0,31	0,25	0,25	0,24
Isoleucine	0,53	0,41	0,36	0,36
Leucine	1,42	1,22	1,15	0,16
Lysine	0,51	0,35	0,30	0,27
Méthionine	0,21	0,19	0,15	0,15
Cystine	0,09	0,07	0,06	0,07
Phényl-alanine	0,62	0,50	0,44	0,47
Thréonine	0,50	0,37	0,33	0,33
Valine	0,73	0,56	0,49	0,46
Acides aminés non essentiels				
Alanine	1,08	0,83	0,72	0,70
Acide aspartique	1,41	0,88	0,71	0,67
Acide Glutamique	2,39	1,89	1,70	1,74
Glycine	0,53	0,41	0,36	0,35
Proline	0,96	0,90	0,84	0,83
Serine	0,60	0,48	0,43	0,47
Tyrosine	0,36	0,28	0,19	0,21

TABLEAU N° 22

Composition du maïs en minéraux suivant le stade de maturité en pour 100 ou p.p.m. de matière sèche (AUMAITRE A., 1969).

Stade	laiteux	1/2 pâteux	pâteux	mûr
pour 100				
P	0,47	0,40	0,37	0,35
K	1,31	0,90	0,58	0,46
Ca	0,02	0,01	0,01	0,01
Na	0,024	0,041	0,01	0,015
Mg	0,190	0,156	0,158	0,149
p.p.m.				
Fe	50,54	47,48	53,42	52,61
Zn	53,97	47,88	44,57	42,44
Cu	8,03	6,13	6,06	5,28
Mo	0,53	0,46	0,45	0,41
Mn	12,66	8,89	9,43	0,42
B	6,12	5,28	4,87	4,56

TABLEAU N° 23

Teneur en vitamines en mg par Kg de grain de maïs (BARLOY J., 1970).

Carotène	3,7
Vitamine B1 (thiamine)	3,6
Vitamine B2 (riboflavine)	2,0
Vitamine B6 (pyridoxine)	5,7 - 17
Vitamine C	0
Vitamine D	0
Vitamine E (alfa-tocophérol)	3,50
Vitamine K	0,4
Vitamine PP (niacine)	25,5
Acide folique	0,22
Acide nicotinique	15
Acide pantothénique	7 - 34
Biotine	0,09
Choline	300 - 600

TABLEAU N° 24

Résultats d'analyses de maïs grains (PARNEIS P., 1969).

Substances (en g pour 100)	Maïs grain séché	Maïs grain séché broyé	mouture épis dépanouillés séchés	mouture épis séchés	Ensilage grain de maïs	Ensilage mouture d'épis	Ensilage de mouture épis entiers vêtus
Eau	13,7	14,3	17,8	12	50,9	55,7	54,6
M.S.	86,3	85,7	82,2	88	49,1	44,5	45,4
Cendres	1,7	1,7	2,3	2,7	0,8	0,3	1,2
Protéines brutes	8,6	8,4	7,1	8,6	5,1	3,8	4
Matière grasse	3,8	3,9	2,4	3,3	2,7	1,8	1,7
Extractif non azoté	68,8	68,1	57,5	64,8	39,3	33,5	33,5
Cellulose brute	2,6	2,6	12,9	8,6	1,2	4,8	5
pH	-	-	-	-	4,02	4,22	4,16

TABLEAU N° 25

Valeur nutritive de quelques ensilages en pour 100 de produit frais et M.S. (PARNEIS P., 1969).

Variété INRA 200	M.S	Matière minérale		Matières azotées totales		Matière cellulosique		U.F./Kg		M.A.D.		MA.D U.F.
	a	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a
1 RENNES 65 (grain)	61,1	1,0	1,7	5,5	8,9	1,9	3,1	0,75	1,23	39,5	64,7	52,6
2 RENNES 65 (grain)	55,9	1,1	2,1	5,6	10,0	3,3	6,0	0,65	1,18	40,3	72,0	61
3 FINISTERE 65 (grain)	57	1.1	2,0	5,3	9,2	2,0	3,6	0,65	1,22	38,1	66,8	54,8
4 COTES-DU-NORD 65(grain)	41,7	1,0	2,6	2,5	5,9	3,5	8,4	0,49	1,18	17,4	43,0	36,4
5 FINISTERE épi (grain+rafle)	29,2	0,8	2,9	3,3	11,3	3,9	13,4	0,30	1,40	22,4	76,9	73,9

a : produit frais b : M.S.

TABLEAU N° 26

Composition en pour 100 d'un ensilage de maïs grain 1968, variété INRA 258 après 50 jours, donnée par le laboratoire Municipal de Bordeaux (PARNEIS P., 1969).

Humidité	37,7
Matière protéique brute	6,37
Azote ammoniacal	0,37
Matière protéique digestible	4,57
Matière grasse	3,71
Matière cellulosique	1,02
Acidité (pH)	3,9
Matière minérale	1,02
P	0,19
Ca	0,02
Acidité brute (So_4H_2)	1,057
Acidité volatile (So_4H_2)	0,155
Acidité acétique	0,314
Acidité butyrique	0
Acidité lactique	1,505
Acides aminés	
Lysine totale	0,23
Lysine disponible	0,17
Méthionine	0,12
Cystine	0,13
Tryptophane	0,04
Valeur fourragère monogastrique pour 100 kg de M.S.	82,6 U.F.

Ces données fragmentaires permettent de donner une appréciation générale. Certains éléments diminuent relativement au fur et à mesure de la maturité : protéines, acides aminés (lysine surtout), minéraux, cellulose brute ; D'autres éléments augmentent : les lipides et l'extractif non azoté (amidon). Le phénomène ensilage ne donne pas de grandes variations quantitatives relatives, par contre le mode de récolte (épis vêtus, épis épanouillés ou grain seul) apporte les différences de composition par rapport à la matière sèche.

*

DEUXIEME PARTIE

EMPLOI DU MAIS FOURRAGE PLANTE ENTIERE ENSILE DANS L'ALIMENTATION DU PORC

La pratique de la distribution d'ensilage de maïs fourrage plante entière n'est pas très répandue en France, quelques éleveurs le font entrer dans la ration des truies gestantes. Aux Etats-Unis et dans les Pays de l'Est cette pratique est connue depuis une trentaine d'années. PERRUCHON DE BROCHARD J. (1969) a résumé les résultats obtenus aux U.S.A. dans les différentes universités d'Iowa, Pennsylvanie, Utah, Purdue, Kentucky, Illinois et Philippines. Si le maïs fourrage ensilé est l'élément de base de la ration il faut ajouter un complément minéral vitaminé azoté et un apport de céréales comme énergie. Dans certains cas la quantité est limitée, dans d'autres à volonté. Il convient cependant de remarquer que le maïs fourrage plante entière ensilé, en raison de sa richesse en cellulose brute, (15 à 17 pour 100 de la M.S.) ne convient qu'aux truies en gestation.

A. - EXEMPLE D'ALIMENTATION DU PORC A L'ENSILAGE DE MAIS FOURRAGE PLANTE ENTIERE

JOHNSON et al. (1957) de l'Université d'Iowa ont proposé une ration comprenant 5,5 kg d'ensilage et un aliment complémentaire à 20 pour 100 de protéines.

TABLEAU N° 27

Schéma du mode d'alimentation de Johnson et al. (1957) (PERRUCHON DE BROCHARD J., 1969).

1° - Rationnement

Lots	Alimentation	Truies	Composé azoté
I	Constante pendant toute la gestation	Adultes	Kg/truie/jour 1,35
II		Primipares	1,45
III	Faible pour les 2/3 de la gestation, forte ensuite	Adultes	1,15 puis 1,70
IV		Primipares	1,25 puis 2,15

2° - Formule et composition chimique brute de l'aliment composé complémentaire

Maïs jaune	41
Remoulage de blé	5
Farine de luzerne déshydratée	10
Mélasse de canne	5
Farine de viande (50 pour 100)	15
Tourteau de soja cuit (44 pour 100)	15
Solubles distillerie -déshydratés	2,5
Phosphate bicalcique	3,5
Sel iodé	1
Complément minéral vitaminé (1)	2
	100,0

Composition chimique brute :	Protéines brutes	21,2 pour 100
	Matières grasses	3,4
	Cellulose brute	5,3
	Phosphore	1,7
	Calcium	2,7

(1) Composition du complément minéral et vitaminé par 100 kg :

Fer	62 g
Cuivre	4,2 g
Cobalt	1,5 g
Manganèse	5,9 g
Zinc	4
Potassium	6,6 g
Terramycine	3 g
Vitamine A	450 000 (U.I.)
Vitamine D3	230 000 (U.I.)
Vitamine B2	420 (mg)
Vitamine PP	3 000 (mg)
Vitamine B12	5,9 mg
Acide pantothénique	2 400 mg
Choline	117 000 mg

3° - Résultats

	Alimentation constante		Alimentation faible puis forte	
	Adulte	Primipare	Adulte	Primipare
Période de gestation :				
Gain de poids journalier moyen en g	300	373	373	377
Gain de poids total en kg	31,8	38,2	37,5	36,8
Consommation journalière d'aliment complémentaire en kg	1,342	1,455	1,388	1,570
Mise bas :				
Nombre de porcelets par portée	11,42	10,15	12,83	11,69
Nombre de porcelets vivants	10,91	9,63	12,16	11,11
Poids moyen des porcelets en kg	1,300	1,272	1,272	1,230

Cette ration a donné des résultats très satisfaisants et le supplément azoté en fin de gestation est très favorable. L'ensemble des résultats concordent à

dire que ces résultats non seulement égalent l'alimentation classique mais la dépassent. Cette ration riche en cellulose a un coefficient d'encombrement élevé et favorise la santé des truies : pas d'engraissement excessif, le nombre d'oeufs ovulés augmente, la mortalité prénatale diminue et la lactation est meilleure. En dehors de la période de gestation cette ration risque de ne pas suffire aux besoins.

B. - LA CELLULOSE DANS L'ALIMENTATION DU PORC

Le problème de la cellulose a été bien étudié chez le porc (CRANWELL P.D., 1968, FALIU L. et GRIESS D., 1968, HENRY Y., 1969 et MAROTTA L., 1970). La cellulose des nutritionistes diffère de celles des chimistes car elle est le résidu d'une hydrolyse acide et basique selon la technique de WENDE et correspond à la cellulose vraie et à une quantité variable de pectines, hémicelluloses et de lignine. FERRANDO (1964) recommande de ne pas dépasser un taux de cellulose supérieur à 6 - 10 % chez le monogastrique, car si la cellulose augmente, d'une part les enzymes digestifs sont dilués dans le tube digestif et leur efficacité diminue, d'autre part le transit intestinal augmente avec diminution du temps d'action des enzymes sur les éléments ingérés. Mais ce même auteur reconnait la capacité du porc à s'adapter à un régime de 15 % de cellulose grâce à la flore bactérienne qui dégrade la cellulose en éléments pouvant être absorbés dans toute la longueur du tube digestif. La digestion peut être la même chez le porc et les ruminants (CRAMWELL P.D., 1968). Expérimentalement la dégradation bactérienne est démontrée pour la cellulose ; elle conduit à la formation d'acides gras (acide acétique, acide propionique et acide butyrique) qui peuvent être absorbés dans tout le tube digestif et principalement le gros intestin. La digestibilité de la cellulose est influencée par :

- La nature de la cellulose car la lignine reste intacte.
- L'âge du porc : la digestibilité augmente avec l'âge.

• Le pourcentage de la cellulose dans la ration : il ne joue pas directement sur sa propre digestibilité mais diminue la digestibilité des autres éléments.

• La quantité d'aliment ingérée : une ration riche en cellulose ne peut couvrir tous les besoins d'une truie en lactation dont les besoins sont très grands. Elle est source d'énergie pour les truies en gestation et uniquement de lest chez les truies nourrices et les porcs en croissance.

C. - L'ENSILAGE DE MAIS PLANTE ENTIERE COMME SOURCE DE CAROTENE

Aux Etats-Unis le maïs fourrage ensilé a été utilisé souvent comme source de carotène chez le porc à une époque où il n'existait pas d'autre source de vitamine A (FERRANDO R., 1964). La teneur du maïs fourrage en carotène varie considérablement. Le taux maximal est atteint juste avant la floraison, le taux varie en juin par rapport à septembre et novembre comme 200 - 100 et 1. Le maïs fourrage a une teneur de 92 mg par kg de M.S., les carottes jaunes 949 mg de M.S., la paille de froment 2 mg. La conservation est meilleure dans l'ensilage que dans le fourrage. Habituellement on estime que chez le porc 1 mg de carotène équivaut 500 U.I. de vitamine A, mais il est inférieur pour le maïs ensilé, 1 mg de carotène équivaudrait seulement 261 U.I. de vitamine A (WELLENREITER et al., 1969).

D. - CONCLUSION

Le maïs fourrage plante entière ensilé mérite son utilisation dans l'alimentation des truies en gestation car les performances sont excellentes et le coût est considérablement diminué.

*
* *

TROISIEME PARTIE

MAIS GRAIN ET MAIS EPIS ENSILES DANS L'ALIMENTATION DU PORC

A. - GENERALITES

Le grain de maïs est récolté humide, il doit être séché ou ensilé. Nous étudierons les résultats obtenus en nourrissant les porcs en croissance, porcelets et truies avec des maïs traités différemment.

B. - LE PORC EN CROISSANCE

1. - EQUIVALENCE MAIS GRAIN HUMIDE ET MAIS SEC. COMPARAISON AVEC L'ORGE

Le G.R.C.E.T.A.* de Chateaulin a réalisé des essais chez le porc à l'engrais à partir du maïs grain. Ils ont permis une comparaison des régimes maïs grain humide et orge d'une part et d'autre part la mise au point d'une technique d'alimentation spéciale au maïs (MIOSSEC Y., 1969).

• Les éléments de la ration

La ration est composée d'un concentré minéral vitaminé azoté et de maïs.

TABLEAU N° 28

Les essais de Chateaulin (MIOSSEC Y., 1969)
+ Rationnement du porc en croissance-finition.

Poids vif en kg	Besoins en U.F.	Concentré azoté g/j	Maïs/porc/jour en Kg (pour 100 eau)				
			14	33	40	42	45
25	1,3	305	0,915	1,280	1,320	1,360	1,430
30	1,5	355	1,065	1,500	1,540	1,580	1,660
40	1,9	450	1,350	1,860	1,940	2,000	2,100
50	2,2	510	1,550	2,150	2,220	2,300	2,420
		–	–	–	–	–	–
100	3,2	510	1,550	2,150	2,220	2,300	2,420

*C.R.C.E.T.A. = Groupement Régional des Cercles d'Etude

+ Formule de concentré azoté et minéral

Composants en pour 100	U.F. par kg	M.A.T. en pour 100	M.A.D. en pour 100	Cellulose en pour 100	P en pour 100	Ca en pour 100	Lysine en pour 100	Méthionine en pour 100	Méthionine +Cystine en pour 100	Tryptophane en pour 100
Tourteau de soja 72	1,1	44	37	4,0	0,65	0,20	2,90	0,63	1,35	0,5
Farine de hareng de Norvège 16	1,0	73	64,8	-	2,2	3,0	6,40	2,10	3,18	0,88
Complément minéral 12	0,0	0	0	0	6,3	24,05	0	0	0	0
100	0,95	43,36	37,0	2,88	1,576	3,504	3,112	0,790	1,481	0,500

+ Formule du complément minéral vitaminé spécial

	pour 100	Soit Ca	P
Carbonate de chaux	40	16	
Phosphate bicalcique	35		6,3
Chlorure de sodium	14	8,05	
Oxyde de magnésie	8		
Sulfate ferreux 7 H_2O	1		
Sulfate de cuivre 5 H_2O	0,23	24,05	6,3
Sulfate de Zinc	1		
Sulfate de cobalt 7 H_2O	0,01		
Iodure de potassium	0,0025		

Vitamines pour 100 g de minéral vitaminé	
Vitamine A	40 000 U.I.
Vitamine D_3	8 000 U.I.
Pantothénate de calcium	16 mg
Acide nicotinique ou vit. PP	32 mg
Vitamine E	5 mg
Vitamine K_3	4 mg
Vitamine B_{12}	0,06 mg
Choline	500 mg

Ce complément azoté minéral vitaminé est spécialement enrichi en zinc, vitamine PP et choline ; le taux de calcium est tel qu'il évite le blocage du zinc entraînant une affection : la parakératose.

. Résultats et commentaires

L'orge et le maïs étant comparés, les résultats obtenus avec le maïs sont supérieurs. Longtemps la réputation du maïs a été mauvaise parce qu'il produisait des porcs trop gras, à gras mou et coloré.

- Le problème de la coloration est faux et ne pourrait être généralisé.
- Le gras mou est net par rapport au régime orge, (le point de fusion est plus bas et l'indice d'iode est plus élevé) mais ne pose pas de difficulté aux salaisonniers.
- Le problème des porcs gras existe si la ration est très riche en énergie ; il faut se limiter à 2,2 U.F. à partir de 50 kg au lieu de 2,4 U.F. à partir de 60 kg avec l'orge.

. Le classement commercial est moins bon mais le résultat économique est positif.

La suite des travaux (KERMOAL J.P., L'AOT M. et LOSSEC J.P., 1971) a permis d'établir une comparaison entre les régimes maïs sec, maïs humide et orge pour les vitesses de croissance, les indices de consommation, les rendements, les compositions corporelles et classements commerciaux. Les vitesses de croissance sont indépendantes des régimes et plus grandes pour les femelles. Les indices de consommation sont plus élevés pour les régimes orge, les maïs différents ont les mêmes indices. La composition corporelle est plus grasse pour les régimes maïs mais presque identique pour les femelles. Le classement des porcs au régime orge est supérieur au régime maïs.

TABLEAU N° 29

Comparaison des trois régimes alimentaires à base d'orge, de maïs sec, de maïs grain ensilé. Performances de croissance entre 35 et 101 kg, résultats d'abattage (KERMOAL J.P., L'AOT M. et LOSSEC J.P., 1971).

Régime / Résultats	Orge			Maïs			Maïs ensilé		
	Mâle	Femelle	Moy.	Mâle	Femelle	Moy.	Mâle	Femelle	Moy.
Poids début (kg)	33,80	35,70	34,75	34,77	34,43	34,60	36,10	34,97	35,53
Poids fin (kg)	101,56	101,40	101,48	101,60	101,63	101,62	101,20	100,63	101,41
Durée (jours)	106,17	100,90	100,53	101,18	100,83	104,50	105,83	101,50	103,66
Gains moyen g/jour	638	652	644,8	620	667	642,3	624	646	653,3
I.C. (kg M.S./kg Croît)	2,99	2,88	2,93	2,81	2,61	2,71	2,78	2,67	2,73
Rendement carcasse en pour 100	76,1	76,0	76,0	77,9	77,6	77,8	77,7	77,4	77,5
$\frac{\text{Jambon+Longe}}{\text{Poids net}} \times 100$	46,9	47,8	47,3	45,2	47,5	46,4	45,6	47,1	46,3
$\frac{\text{Bardière+Panne}}{\text{Poids net}} \times 100$	15,1	14,4	14,7	16,3	14,2	15,3	16,2	14,4	13,3
Epaisseur de lard froid (en mm)	25,4	24	24,7	28,3	24,5	26,4	27,2	23,9	25,6
Classement commercial	A + B : 74 pour 100			A + B : 58 pour 100			A + B : 58 pour 100		

2. - UTILISATION DIGESTIVE DES REGIMES A BASE DE MAIS

• L'utilisation digestive comparée a été étudiée par FEVRIER C., AUMAITRE A. et SALMON-LEGAGNEUR E. (1971) pour le maïs grain séché mûr, le grain ensilé mûr après broyage, le grain immature ensilé après broyage.

TABLEAU N° 30

Utilisation digestive des régimes à base de maïs par le porc en croissance (FEVRIER C., AUMAITRE A., et SALMON-LEGAGNEUR E., 1971).

Régimes	Grain séché mûr (G.S.M.)	Grain ensilé mûr (G.E.M.)	Grain ensilé immature (G.E.I.)	Epi ensilé immature (E.E.I.)
Coefficient d'utilisation digestive apparente de :				
Matière sèche	88,7	86,3	88,1	78,9
Azote	87,1	87,0	87,6	79,6
Matière organique	90,7	88,1	89,8	81,4
Energie	89,6	88,0	87,8	79,5
Energie digestible en Cal./g de M.S.	3 978	3 790	3 930	3 467
Coefficient de rétention azotée	53,4	54,3	57,0	55,6
N retenu en g par jour	18,2	19,2	20,2	13,4

La digestibilité de l'ensilage d'épis entiers est inférieur à celle des autres traitements, surtout pour l'énergie la différence est de 11 pour 100 par rapport au grain sec. Le grain sec mûr (G.S.M.) et le grain ensilé immature (G.E.I.) sont identiques, le maïs grain ensilé mûr (G.E.M.) est légèrement inférieur au sec sauf pour les protéines. La digestibilité et la composition corporelle du porc charcutier vont de pair. Les porcs ayant reçu le grain ensilé mûr sont légèrement plus maigres, mais la différence est très nette pour les porcs nourris avec les épis ensilés immatures (E.E.I.).

TABLEAU N° 31

Composition corporelle des porcs charcutiers (FEVRIER C., AUMAITRE A. et SALMON-LEGAGNEUR E., 1971).

Régimes	Sexes	G.S.M.	G.E.M.	G.E.I.	E.E.I.
Epaisseur du lard $\frac{\text{Rein + Dos}}{2}$ mm	M.	33,33	27,12	28,08	25,9
	F.	21,70	21,93	25,58	19,6
	Moy.	27,51	24,52	26,83	22,7
$\frac{\text{Jambon + Longe}}{\text{Poids net}} \times 100$	M.	46,39	50,54	50,12	51,34
	F.	52,33	52,11	51,28	53,33
	Moy.	49,36	51,32	50,70	52,33
$\frac{\text{Bardière + Panne}}{\text{Poids net}} \times 100$	M.	22,63	18,92	20,82	17,51
	F.	17,12	16,33	18,02	15,76
	Moy.	19,87	17,62	19,42	16,63
Rendement en pour 100	M.	74,47	74,62	74,25	71,67
	F.	75,79	72,86	74,48	70,47
	Moy.	75,13	73,74	74,36	71,07

BORGIDA L.P. et DELORT-LAVAL J., (1971) ont étudié l'effet du mode de conservation d'un maïs immature sur l'utilisation de ses glucides et de son azote par le porc en finition.

• L'azote

TABLEAU N° 32

Efficacité nutritionnelle de l'azote en fonction du mode de conservation de maïs immature (BORGIDA L.P. et DELORT-LAVAL J., 1971).

Maïs	Ensilé	Déshydraté	Ensilé	Déshydraté
Supplémentation	-	-	Soja +	Méthionine
Bilan azoté (I. - F. - U.) en g/J	3,2	3,1	15,0	20,8
C.U.D. $\frac{I-F}{I} \times 100$	71,0	56,0	79,0	74,7
Coefficient de rétention $\frac{I-F-U}{I-F} \times 100$	19,6	20,5	36,9	52,9
Coefficient d'utilisation pratique $\frac{I-F-U}{I} \times 100$	13,9	11,6	29,4	39,5

I = azote ingéré
F = azote faecal
U = azote urinaire

Le maïs étant distribué seul l'efficacité de l'azote ingéré est la même, mais le maïs additionné d'une supplémentation azotée voit l'efficacité de la ration déshydratée être beaucoup plus grande que l'ensilée. Ce phénomène est lié à la protéolyse dans l'ensilage, qui est plus marquée si le grain est récolté plus précocement.

• La matière organique

TABLEAU N° 33

Utilisation digestive en pour 100 des éléments majeurs du maïs selon son mode de conservation (BORGIDA L.P. et DELORT-LAVAL J., 1971).

Maïs	Ensilé	Déshydraté
Matière sèche	77,4	73.4
Matière organique	78,9	75,1
Matières azotées	71,0	56,0
Matières grasses	83,8	68,3
Cellulose	44,6	38,4
E.N.A. (Extractif non azoté)	84,3	81,7
U.F./Kg M.S.	0,88	0,81

Pour l'extractif non azoté (amidon) la digestibilité est meilleure dans l'ensilage. D'une part celui-ci est mieux et plus facilement hydrolysé et d'autre part, le ralentissement du transit favorisé.

3. - APPRECIATION SANITAIRE ET ECONOMIQUE

• L'état sanitaire des porcs à régimes maïs sec est à l'avantage des ensilés car les diarrhées sont beaucoup moins nombreuses en raison de l'acide lactique de la ration.

• L'analyse économique nous donne une comparaison des divers types de maïs. Le grain sec mûr fournit une quantité d'énergie supérieure de 5 pour 100 au grain mûr ensilé. Le grain immature ensilé fournit la même quantité d'énergie que le grain sec, mais la récolte ne se fait pas au maximum de production de matière sèche. Les épis entiers immatures ensilés donnent des performances zootechniques médiocres mais le bilan agro-zootechnique est positif par rapport au grain immature seul ; en effet pour 100 g de matière sèche en grain immature on récolte 150 g de matière sèche en épi entier. La quantité de porc productible par unité de surface est augmentée et la qualité du porc produit est améliorée mais la durée d'engraissement est augmentée.

C. - LES TRUIES EN GESTATION ET EN LACTATION

BRJUSININ J.F. (1957) a montré la possibilité d'inclure du maïs ensilé dans la ration des truies gestantes et des truies en lactation. Les épis de maïs peuvent rentrer dans la ration à 40 % de sa valeur nutritive mais doivent être évités 7 - 10 jours avant et quelques jours après la mise bas. Une quantité de 6 kg d'épis ensilés peut être distribuée par jour à une truie, mais il faut l'inclure en quantité croissante. Les résultats de digestibilité (FEVRIER G., AUMAITRE A., SALMON-LEGAGNEUR E., 1971) montrent une utilisation digestive inférieure de 10 % pour les éléments des épis ensilés immatures par rapport au grain ensilé mûr et

au grain séché mûr, ce dernier gagnant 3 % sur le précédent. Le coefficient de rétention azotée est amélioré par l'ensilage, il est équivalent pour les grains et les épis. Les phénomènes chimiques liés à l'ensilage semblent améliorer l'utilisation métabolique des protéines. Les truies en lactation ayant des besoins considérables risquent de consommer une ration insuffisante à partir de l'ensilage d'épis entiers qui ne sont donc pas recommandés pour les truies en lactation. Les résultats de FEVRIER C. sont obtenus par des porcs recevant une même ration de matière sèche de maïs et une même quantité de concentré azoté minéral vitaminé sauf pour les truies en lactation où le maïs est à volonté.

TABLEAU N° 34

Utilisation digestive des régimes à base de maïs par les truies en gestation (FEVRIER C., AUMAITRE A. et SALMON-LEGAGNEUR E., 1971).

Régimes	GSM	GEM	EEI	Signification statistique
Coefficients d'utilisation digestive apparente de :				
Matière sèche en pour 100	80,2 ±2,6	78,9 ±1,8	71,6 ±2,0	GSM GEM EEI
Azote	77,8 ±2,2	76,8 ±1,2	66,8 ±3,4	GSM GEM EEI
Energie en pour 100	82,3 ±2,4	79,4 ±1,2	74,0 ±1,4	GSM GEM EEI
Energie digestible en cal/g de matière sèche	3 801	3 582	3 393	
Coefficient de rétention azotée en pour 100	37,2 ±2,2	42,2 ±2,2	45,2 ±2,2	EEI GEM GSM
N urinaire total g/l	2,34±0,16	2,26±0,28	1,30±0,22	GSM GEM EEI
$\frac{\text{N Créatine}}{\text{N urinaire total}} \times 100$	10,8 ±0,4	10,0 ±1,0	11,7 ±0,24	EEI GSM GEM

GSM = Grain Sec Mûr
GEM = Grain Ensilé Mûr
EEI = Epi Ensilé immature

TABLEAU N° 35
Résultats zootechniques des truies en gestation et lactation (FEVRIER C., AUMAITRE A. et SALMON-LEGANEUR E., 1971).

	GSM	GEM	EEI
Nombre de truies	8	8	6
Poids des truies à la saillie (kg)	183,3	179,8	189,3
Gain de poids total de gestation (kg)	38,9	27,4	24,5
Gain net de la truie (kg)	18,6	16,6	9,0
Poids de la portée à la naissance (kg)	12,2	10,9	10,6
Nombre de porcelets nés vivants	9,3	9,2	8,8
Poids moyen des porcelets (kg)	1,29	1,19	1,20
Nombre de porcelets sevrés à 35 j.	6,4	6,6	6,6
Poids moyen des porcelets sevrés à 35 j.(kg)	8,81	7,57	7,97
Perte de poids de la truie pendant la lactation (kg)	5,7	4,7	15,0
Bilan du gain de poids de la truie entre la saillie et le sevrage	13,0	12,0	7,6
Nombre moyen de jours pour le retour en chaleurs	4,0	5,3	6,6

D. - LE PORCELET

Chez le porcelet de 5 semaines FEVRIER C., AUMAITRE A. et SALMON-LEGAGNEUR E.,(1971) mettent en évidence des particularités de digestibilité et d'efficacité de l'ensilage. Chez le porcelet la quantité d'aliment ingérée est supérieure, l'état sanitaire est amélioré par diminution des diarrhées. La digestibilité de l'azote de l'ensilage est très supérieure ; ceci est lié à la capacité du porcelet à digérer plus précocement les protéines du maïs ensilé immature par rapport au maïs sec.

TABLEAU N° 36

Utilisation digestive des régimes à base de maïs par le porcelet précocement sevré (FEVRIER C., AUMAITRE A. et SALMON-LEGAGNEUR E., 1971).

Régimes		
Coefficient d'utilisation digestive apparente de :		
Matière sèche	76,8 + 2,2	73,8 + 1,7
Minéraux	30,1 + 7,4	35,1 + 6,2
Matières organiques	74,9 + 1,8	75,6 + 1,4
Azote	67,6 + 3.4	76,9 + 1,7
Première semaine	62,8	75,2
Deuxième semaine	66,3	77,6
Troisième semaine	67,9	78,7
Quatrième semaine	73,6	75,9

E. - CONCLUSION

La valeur alimentaire du maïs grain ensilage est peu différente du maïs grain sec. L'ensilage améliore l'état sanitaire en diminuant les cas de diarrhées et ulcères gastro-duodénaux. Cependant il existe des troubles liés à l'ingestion d'ensilages altérés.

*
* *

QUATRIEME PARTIE

LE MAIS CONSERVE PAR L'ACIDE PROPIONIQUE

Le maïs grain traité par l'acide propionique donne des résultats très séduisants. Selon divers travaux récents (CASTAING B., 1971 ; GAYE A., 1972 ; FEVRIER C., BOURDON D. et CHAMBOLLE M., 1972 ; DUMAY C., DELORT-LAVAL J. et ZELTER S.Z., 1972 ; CHAMBOLLE M. et al., 1973) l'appétence du grain est aussi bonne que celle des grains non traités, l'état sanitaire est très bon, l'acide propionique est un bon moyen préventif contre les diarrhées et les ulcères gastro-oesophagiens.

TABLEAU N° 37

Stades d'ulcération en fonction des régimes (GAYE A., 1972)

	Stade d'ulcération			
	Estomac normal	Muqueuse kératimisée	Muqueuse disquamée	Ulcère
1 - Maïs sec	5	9	7	2
2 - Maïs sec + acide propionique	9	9	5	0
3 - Maïs humide + acide propionique	17	2	3	0
4 - Maïs ensilé	21	1	1	1

Selon les auteurs précités il y aurait une augmentation du pourcentage des morceaux nobles (jambon + longe). Aujourd'hui bien que séduisante cette méthode est relativement coûteuse pour être employée en pratique courante ; elle est cependant pleine de promesses car elle permet de supprimer une partie des pertes de matière sèche et de garantir une très bonne qualité surtout par l'absence de moisissures.

*

* *

CINQUIEME PARTIE

TROUBLES DUS A L'ABSORPTION D'UN ENSILAGE DE MAIS MAL CONSERVE OU AVARIE

Une ration à base d'ensilage de maïs est très satisfaisante si elle est bien équilibrée et si cet ensilage est de bonne qualité. Cette qualité dépend de la récolte du maïs sur pied qui peut présenter parfois des lésions dues à certains champignons et dépend du respect strict des règles de la bonne conservation. Les maladies du maïs à la récolte sont surtout la rouille du maïs due à Helminthosporum et le charbon dû à Ustilago Zeae. Le non respect des règles de conservation favorise le développement de germes Listeria et Clostridia et de nombreux champignons responsables des moisissures. Ces divers agents agissent sur la santé des animaux de façon inégale ; la rouille du maïs diminue la production sans avoir d'action défavorable sur la santé ; Listeria et Clostridia peuvent engendrer des troubles occasionnellement chez le porc mais sont surtout responsables de troubles bien connus chez les ovins pour les premiers et chez les bovins pour les seconds, les moisissures et le charbon ont une plus grande action sur la santé des animaux et méritent une attention particulière.

1. - LE CHARBON

Les opinions émises au sujet de l'action pathogène des maïs atteints de charbon sont très diverses. Pour les uns le maïs atteint du charbon serait toxique et pour les autres il serait sans importance. En Serbie le charbon du maïs est utilisé comme abortif au même titre que l'ergot de seigle, des cas de mort brutale ont été signalés (LEONHARDT H., 1951) et des cas de pneumonies chez les bovins (IVANOV X., 1949). Des travaux plus récents

(LEVENBERG I.G. et NOSKOV A.L., 1961) démentent les observations précédentes, en effet des quantités énormes de spores jusqu'à 20 % de la ration sont ingérées par des animaux en gestation, truies, vaches ou brebis. Pour les truies ayant ingéré 600 grammes de spores quotidiennement pendant 12 jours aucune modification n'est constatée par rapport à des animaux témoins en ce qui concerne la température, le pouls, la respiration ; l'appétit et les examens hématologiques. Devant ces opinions contradictoires il semble raisonnable de distribuer avec circonspection d'abord à quelques animaux des doses ne dépassant pas plus de 5 à 10 % de la ration totale et d'observer soigneusement le comportement des sujets consommant ces produits avariés.

2. - LES MOISISSURES

Si le maïs ensilé n'est pas maintenu en anaérobiose stricte ou si le front d'attaque ne progresse pas de 10 à 15 cm par jour les moisissures se développent. L'étude des moisissures du front d'attaque des silos du maïs a démontré que sur 52 espèces isolées la moitié est réputée toxique (ESCOULA et al., 1972). De façon générale mais approximative on peut estimer que les moisissures toxiques sont souvent blanches ou rosées alors que celles de couleur grise ou noire sont considérées comme anodines (WOLTER R., 1973). C'est une préoccupation constante pour l'éleveur que de se demander dans quelle mesure les ensilages ne risquent pas de contenir des fortes concentrations de toxines responsables de troubles importants et variés (SPEER V.C., 1971).

TABLEAU N° 38
Symptologie et pathologie des moisissures toxiques (SPEER V.C., 1971).

Type de moisissure-(toxine produite)	Symptômes et pathologie
Aspergillus (Alfatoxine, Ochratoxine)	Lenteur de croissance - Raideur Ingestion réduite de nourriture
Penicillium (Alfatoxine, Rubratoxine)	Dermatite léthargique Hématomes de l'oreille et des articulations Hémorragie abondante Symptômes intestinaux musculaires Taux de prothrombine et temps de coagulation plus élevés Prolifération du canal biliaire Dégénérescence du foie Jaunisse, ictère Nécrose intestinale
Fusarium (Diacetoxyscirpenol)	Emesis, ingestion réduite Jaunisse, ictère Hémorragie pétéchiale du foie et des poumons Oedèmes, nécrose intestinale
Claviceps (Ergotoxine) (Acides lysergiques)	Avortement Gangrène, convulsions Hallucinations
Gibberella (Zearalenone)	Hypertrophie de la vulve Descente du vagin Hyperdéveloppement mamellaire
Helminthosporium	Réduction temporaire de l'ingestion d'aliments Augmentation du taux de prothrombine (Volaille)

Les Aspergillus et Penicillium produisent diverses toxines dont les trois plus importantes sont les alfatoxines, les ochratoxines et les rubratoxines : Gibberella Zeae encore appelée Fusarium graminearum ou roseum produit une toxique oestrogénique la zearalenone qui affecte les caractères sexuels secondaires et est la cause d'avortements chez la truie. Les

Fusarium sont responsables de troubles digestifs (surtout vomissements) et génitaux (porcelets faibles et porcelets momifiés).

Le mode d'action des mycotoxines est mal connu, cependant (SPEER V.C., 1971) la valeur thérapeutique de la vit. K et de la vit. E a été mise en évidence.

Les ensilages mal conservés et avariés représentent un danger sérieux pour la santé du porc. Il est recommandé de n'utiliser pour le porc que des aliments de très bonne qualité qui sera obtenue plus facilement par l'emploi d'acide propionique, bon antifongique.

*
* *

CONCLUSION

L'alimentation du porc à base d'ensilage de maïs est satisfaisante en général et compte de nombreux défenseurs (COLEOU J., 1968). La valeur alimentaire à quantité égale de matière sèche du maïs sec et du maïs ensilé est sensiblement la même, mais il est strictement obligatoire de fournir une complémentation minérale adéquate et de limiter les quantités distribuées pour l'ensilage. L'état sanitaire (diarrhées et ulcères) est nettement amélioré par un ensilage de très bonne qualité, mais au contraire un ensilage mal conservé est dangereux à cause de la présence de toxines.

*
* *

Vu : Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire,
Rapporteur,

FALIU

Vu : Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire,

R. LAUTIE

Vu : Le Président de la Thèse,

ROUX

Vu et Permis d'imprimer
Toulouse, le 3 mai 1974

Le Président de l'Université Paul-Sabatier,

L. LARENG

BIBLIOGRAPHIE

[1]. - AUMAITRE (A.), 1969 :
Quelques données sur la composition et la valeur alimentaire du maïs grain et de l'orge humides pour les animaux domestiques, *les Industries de l'Alimentation Animale, n° 204, 1 - 7.*

[2]. - AUMAITRE (A.) et SEVE (B.), 1973 :
Nutrition azotée du porcelet - Sevrage précoce et fonctionnel ; *Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux ; 23 - 31.*

[3]. - BARLOY (J.), 1970 :
Le maïs, *1 vol., 71, Lang G. édit., Paris;*

[4]. - BORGIDA (L.P.) et DELORT-LAVAL (J.), 1971 :
Effet du mode de conservation d'un maïs immature sur l'utilisation de ses glucides et de son azote par le porc en finition ; *Journées de la Recherche Porcine en France. Série 10, 149 - 152.*

[5]. - BRJUSININ (I.G.), 1957 :
Maize meal and ensiled cobs for pregnant and lactating sows, *Svinovodstvo , n° 9, 37 - 38 (Abstracts).*

[6]. - CASTAING (B.), 1971 :
Essai de divers modes de traitement de maïs. Résultats partiels : emploi d'acide propionique. *(communications personnelles).*

[7]. - CHAMBOLLE (M.), FEVRIER (C.), RETTAGLIATI (J.) et OUDIN (M.), 1973 :
Ensilage de maïs et composition des repas pour les porcs à l'engrais ; *Journées de Recherche Porcine en France, Paris, 67 - 74.*

[8]. - COLEOU (J.), 1968 :
Le silo à grain humide dans l'organisation des ateliers modernes de production porcine, *B.T.I., n° 233, 791 - 792.*

[9]. - CRANWELL (P.D.), 1968 :
Microbial fermentation in the alimentary tract of the pig, *nutrition abstracts and reviews, vol. 38, 721 - 729.*

[10]. - DUE (P.H.) et RERAT (A.), 1973 :
Les normes azotées, possibilités de réduction et couverture des besoins ; Cas de la truie ; *Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux ; 33 - 42.*

[11]. - DUMAY (C.), DELORT-LAVAL (J.) et ZELTER (S.Z.), 1972 :
Qualité des ensilages de maïs grain humide préservés par l'acide propionique ; *Journées de Recherche Porcine en France, Paris, 127 - 129.*

[12]. - ESCOULA (L.), LE BARS (J.) et LARRIEUR (G.), 1972 :
Etude sur la mycoflore des ensilages. Micoflore des fronts de coupe d'ensilages de graminées fourragères. *Annls. Rech. Vét., 3, 3, 469 - 480.*

[13]. - FALIU (L.) et GRIESS (D.), 1968 :
Le comportement alimentaire du porc charcutier. I. Influence de l'addition d'aliments cellulosiques à la ration ; *Rev. Méd. Vét., 119 (12) ; 1101 - 1117.*

[14]. - FERRANDO (R.), 1964 :
Les bases de l'alimentation ; *1 vol. 379, 2ème édit., Vigot frères, Paris.*

[15]. - FEVRIER (C.), AUMAITRE (A.) et SALMON-LEGAGEUR (E.), 1971 :
Valeur alimentaire du maïs ensilé à différents stades de maturité pour la truie, le porcelet et le porc en croissance finition ; *Journées de la Recherche Porcine en France ; Série 10, 137 - 140.*

[16]. - FEVRIER (C.), BOURDON (D.) et CHAMBOLLE (M.), 1972 :
Valeur alimentaire du Maïs humide conservé par l'acide propionique pour la truie et le porcelet et du maïs ensilé pour le porc en croissance-finition ; *Journées de Recherche Porcine en France, Paris, 135 - 142.*

[17]. - FEVRIER (C.), GUEGUEN (L.) et HENRY (Y.), 1970 :
Les besoins ; Bases Techniques de la production porcine, *I.T.P. ; Série 1, 145 - 150.*

[18]. - GAYE (A.), 1972 :
Influence du traitement de maïs à l'acide propionique sur l'engraissement du porc charcutier ; *(Communications personnelles).*

[19]. - GAYE (A.), 1972 :
Influence du traitement du maïs à l'acide propionique par l'engraissement du porc charcutier ; *Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, 143 - 147.*

[20]. - HENRY (Y.), 1973 :
Normes azotées du porc en croissance : possibilités de réajustement ; sources azotées de remplacement ; *Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux ; 23 - 31.*

[21]. - HENRY (Y.) et ETIENNE (M.), 1969 :
Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du porc en croissance-finition. I. Influence sur l'utilisation digestive des nutriments ; *Ann. Zootech. ; 18, 337.*

[22]. - HENRY (Y.) et ETIENNE (M.), 1969 :
Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du porc en croissance-finition. II. Influence sur les performances de croissance et la composition corporelle ; *Ann. Zootech. ; 18 (4), 371 - 384.*

[23]. - HENRY (Y.) et ETIENNE (M.), 1970 :
Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du porc en croissance-finition. III. Incidence sur le développement des ulcères gastro-oesophagiens ; *Ann. Zootech. ; 19 (2), 117 - 141.*

[24]. - IVANOV (X.), 1949 :
Pneumonie in cattle caused by spores of Usilago maydis ;*C.R. Acad. Bulg. Sci. ; 2, 49 - 52.*

[25]. - JOHNSON (C.W.), SPEER (C.), ASHTONG (G.), CULBERTON (C.C.) and CATRON (D.V.), 1957 :
Supplementary plane of nutrition for sows fed corn silage ; *J. Animal Sci ; 16, 600 - 606 (Abstracts).*

[26]. - KERMOAL (J.P.), L'AOT (M.) et LOSSEC (J.P.), 1971 :
Utilisation de l'ensilage de maïs grain humide par le porc en croissance et finition ; *Journées de la Recherche Porcine en France ; série 10, 133 - 136.*

[27]. - LEONHARDT (H.), 1951 :
Uber Vergiftungen durch brandpilzsporen-befallene Sismen (Scirpus). *Berl. Münch. tierärztl. Wschr. ; 9, 179 - 180.*

[28]. - LESIEUR (A.), 1970 :
L'ensilage du maïs grain humide ; *l'Eleveur de Porcs; n° 5 ; 11.*

[29]. - LESIEUR (A.), 1971 :
Notions pratiques d'ensilage du maïs grain humide ; *l'Eleveur de porcs, n° 20, 15 - 18.*

[30]. - LEVENBERG (I.G.) et NOSKOV (A.I.), 1966 :
Innocuité du maïs infesté par Ustilago Zeae *Veterinarya(Moscou) ; 43 (10), 82 - 83.*

[31]. - MAROTTA (L.), 1970 :
La cellulose dans l'alimentation du porc ; *mémoire de maîtrise ès-science Vétérinaire, Toulouse.*

[32]. - MIOSSEC (Y.), 1969 :
Le maïs sous forme humide est-il une céréale d'avenir pour la production de porc dans le centre Finistère ; *G.R.C.E.T.A. de Chateaulin ; 57 p.*

[33]. - MOAL (J.) et GAYE (A.), 1971 :
Résultats des essais de conservation et d'utilisation du maïs traité à l'acide propionique ; *Le Producteur Agricole Français ; 2ème n° de septembre ; 14 - 15.*

[34]. - NEGREL (A.), 1973 :
L'abreuvement du porc ; *Thèse méd. Vét.*

[35]. - N.R.C. (National Research Council), 1968 :
Nutrient requirements of swine, *pub. 1599, 69 pp., National Academ of Sciences, Washington D.C. 20 418.*

[36]. - PARNEIS (P.), 1969 :
Journée régionale d'inforamtion fourragère de Pontivy.

[37]. - PERRUCHON DE BROCHARD (J.), 1969 :
Utilisation des ensilages dans l'alimentation des truies ; *Bureau de la Nutrition Animale et de l'Elevage ; Marseille, 2 - 5.*

[38]. - PONTALLIER (J.), 1971 :
Comment compléter le maïs fourrage en azote et en minéraux ; *la Revue de l'Elevage ; janvier, 53 - 58.*

[39]. - RERAT (A.) et FEVRIER (C.), 1965 :
Influence du taux d'hydratation du régime sur la croissance et la composition corporelle du porc ; *Ann. Zootechn. ; 14 (1) 39 - 52.*

[40]. - RERAT (A.) et LOUGNON (J.), 1966 :
Les besoins en amino-acides du porc en croissance, Amino-Acides Peptides Protéines ; *cahier n° 6, 341 - 418 ; A.E.C., 03 Commentry.*

[41]. - SENTEX (J.), LEROY (A.M.) et DELAGE (J.), 1965 :
L'alimentation des animaux ; *1 vol. ; 80 p. ; 1ère édit., René Roux ; Paris.*

[42]. - SPEER (V.C.), 1971 :
Les Vitamines E et K et les mycotoxines dans l'alimentation porcine ; *Les Industries de l'Alimentation Animale, n° 4 ; 45 - 51.*

[43]. - WELLENREITER (R.H.), ULLREY (D.E.), MILLER (E.R.) and MAGEE (W.T.), 1969 :
Vitamin A activity of corn carotenes for swine, *J. Nutrition, 99, 129 - 136 (Abstracts).*

[44]. - WOLTER (R.), 1973 :
Importance Zootechnique du maïs en France ; *Rev. Méd. Vét., 124 (1), 25 - 42.*

[45]. - WOLTER (R.), 1973 :
La valeur alimentaire de l'ensilage de maïs chez la vache laitière ; *Rev. Méd. Vét. ; 124 (8-9), 1951 - 1077.*

*
* *